

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-541474

(P2002-541474A)

(43) 公表日 平成14年12月3日 (2002.12.3)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 M 11/00

識別記号

F I

G 0 1 M 11/00

テーマコード* (参考)

Q 2 G 0 8 6

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 16 頁)

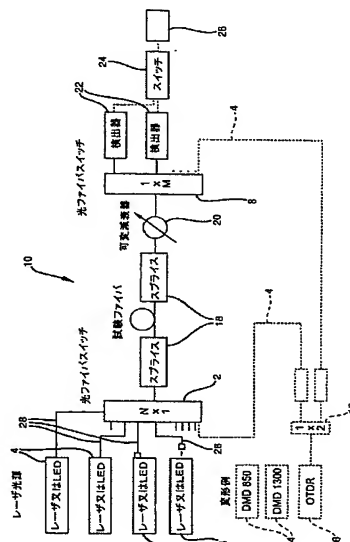
(21) 出願番号 特願2000-611047(P2000-611047)
(86) (22) 出願日 平成12年3月23日 (2000.3.23)
(85) 翻訳文提出日 平成13年10月5日 (2001.10.5)
(86) 国際出願番号 PCT/US 00/07900
(87) 国際公開番号 WO 00/62033
(87) 国際公開日 平成12年10月19日 (2000.10.19)
(31) 優先権主張番号 60/128,504
(32) 優先日 平成11年4月9日 (1999.4.9)
(33) 優先権主張国 米国 (US)
(31) 優先権主張番号 60/129,706
(32) 優先日 平成11年4月16日 (1999.4.16)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 コーニング・インコーポレーテッド
アメリカ合衆国ニューヨーク州14831, コーニング, リバーフロント・プラザ 1
(72) 発明者 ハッカート マイケル ジェイ.
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14830
コーニング モークレストドライブ
2529
(74) 代理人 弁理士 藤村 元彦
Fターム(参考) 2G086 BB01 BB02 BB04

(54) 【発明の名称】 光ファイバ特性測定装置

(57) 【要約】

光導波路ファイバの特性測定装置について開示する。本発明による装置は、特定の導波路ファイバの特性測定に通常は欠かせない鏡とレンズと開口が無い。本発明による装置は、試験対象の光ファイバの入力端において1つの光スイッチを使用し且つ試験対象の光ファイバの出力端において他の光スイッチを使用している。両スイッチは、スイッチを通過する光のモードパワー分布、特にスポットサイズ、を維持する。装置は、多モード導波路ファイバの減衰又は波長幅の測定に使用することが可能で、両特性とも入射され且つ検出されたモードパワー分布に影響されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 N個の入力ポートと少なくとも1つの出力ポートを有する第1光スイッチと、

前記N個の入力ポートに各々光学的に接続されているレーザ又は光放出ダイオードの複数の光源と、

少なくとも1つの入力ポートとM個の出力ポートとを有する第2光スイッチと

、
前記第2光スイッチのM個の出力ポートに各々光学的に接続されている複数の光検出器と、

前記光検出器の何れか1つから光を受光するよう光学的に接続されている光学測定手段と、を含む導波路ファイバの光学特性測定装置であって、

基準光ファイバ片又は試験対象の光ファイバ片は、前記第1スイッチの少なくとも1つの出力ポートと前記第2スイッチの少なくとも1つの入力ポートとの間に光学的に接続され、

前記第1及び第2スイッチは、スイッチを通過した光のモードパワー分布を保持する、ことを特徴とする導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項2】 多モードファイバを測定するに当り、前記多モードファイバに入射されたモードパワー分布のスポットサイズ及び開口数は、前記多モードファイバの許容モードの全てにパワーを入射するに十分であることを特徴とする請求項1記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項3】 多モードファイバを測定するに当り、前記多モードファイバの幾つかの許容モードのパワーを伝搬しないように、前記モードパワー分布のスポットサイズ又は開口数が制限されている、ことを特徴とする請求項1記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項4】 前記レーザのうち予め選択された数のレーザは、単一モードレーザであって、略8 μm から30 μm の範囲のスポットサイズを有する光を提供することを特徴とする請求項3記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項5】 前記光源のうちの1つから始まって前記光検出器のうちの1つにおいて終わる光路に光学的に接続されている可変減衰器を更に含んでいることを

特徴とする請求項1記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項6】 前記光学測定手段は、試験対象の多モードファイバのバンド幅を測定するよう構成されていることを特徴とする請求項1記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項7】 前記光学測定手段は、試験対象の多モードファイバの減衰を測定するよう構成されていることを特徴とする請求項1記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項8】 少なくとも1つの入力ポートと少なくとも2つの出力ポートを有する第3スイッチと、

前記第3スイッチの少なくとも1つの入力ポートと光学的に接続されたOTDRとを更に含んでいて、

前記第3スイッチの少なくとも2つの出力ポートの内の1つは、前記第1スイッチの入力ポートに光学的に接続され、少なくとも2つの出力ポートの内の1つは、前記第2スイッチの出力ポートに光学的に接続されている、ことを特徴とする請求項1記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項9】 前記第1又は第2スイッチが、モジュールユニットであることを特徴とする請求項1記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項10】 前記第1カプラのN個の入力ポートの2つの間を自動的に切替える手段を更に含んでいることを特徴とする請求項1記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【請求項11】 導波路ファイバの光学特性測定装置は、前記第2スイッチのM個の出力ポートの2つの間を自動的に切替える手段を更に含んでいることを特徴とする請求項1又は請求項10記載の導波路ファイバの光学特性測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【関連出願の引用】

本出願は、1999年4月9日に出願された米国仮出願第60/128,504号及び1999年4月16日に提出された米国仮出願第60/129,706号の利益を主張する。

【0002】

【発明の属する技術分野】

本発明は、概して導波路ファイバの光学特性を測定する装置に関する。特に光源又は検出器に光スイッチを使用した装置に関する。

【0003】

【技術的背景】

導波路ファイバの光学測定は、常に製造プロセスの中でのコストを要する部分である。バンド幅、減衰、開口数、コア直径、及び差分モード遅延(differential mode delay)を含む多モードファイバの測定においては特に著しい。従来の光学測定システムは、光学台を使用し、光路を折返し且つ各種測定用信号を接続するレンズと移動自在な鏡とを含む大なる光コンポーネントを使用している。被試験ファイバとの接続の1つは、検出器の前の最終レンズの正面にXYZトランスレーションステージを使用することにより確立されている。トランスレーションステージは、温度に敏感であり且つ移動自在な光路中のバックラッシュが生じ得ることが知られている。ファイバの光入射端における接続は、所望の測定に対して適切な光源になされている。

【0004】

特定の多モードファイバ光学特性、すなわちバンド幅及び減衰は、入射状態に敏感である故に、1より多くの入射状態を使用した測定が通常所望されている。更に、1より多くの波長における測定が通常所望されている故、入射端の接続が何回も行われなくてはならない。

従ってこれら測定台は、調整すること及び調整の維持は困難で且つ手間がかかり、更にほぼ平方メートルの表面積を有する大なる大きさであることは周知である

。信頼性を維持するために、前述の測定台は、規格化されたファイバを使用した基準測定台に対して周期的に校正しなければならない。時間が浪費され且つコストが必要となる繰り返し測定が、しばしば必要になる。

【0005】

現在、多モードファイバの特性基準となる標準光学仕様書には、多モード導波路ファイバの全てのモードを励起するスポットサイズと開口数を有する入射状態を使用して実施される測定が含まれている。この入射状態は、オーバーフィルド (overfilled) 状態と呼ばれおり、工業規格のファイバ光学試験手順 (FOTP) 54中に規定されている。減衰測定は、限定された又は制限された入射を使用して実施され、限定位相空間入射 (LPS) と呼ばれ且つFOTP 50中に規定されている。LPS入射は、以下に記載する30 μ mスポットサイズ入射と同様である。

【0006】

更に最近、レーザ光源に最適化された多モードファイバに対する要求が、バンド幅測定用に異なる入射状態の数を増加させている。つまり測定台における接続数を順次増加させ、該測定台における問題を大きくしている。

従って、装置のコンポーネントと試験対象のファイバの調整と接続の容易性を提供するファイバ光学測定装置が必要となる。導波路ファイバの入射端を異なる波長又は異なる入射状態を有する複数の光源間で切り替えることは、高速で且つ確実に実施する必要がある。

【0007】

本発明は、より低コストで、より高速に、且つより繰り返し可能性の高い導波路ファイバ測定に対する必要性を満たしている。

【0008】

【発明の概要】

本発明の1つの特徴は、光導波路ファイバの測定装置であって、被試験ファイバの入射端にN x 1光学スイッチを使用し、被試験ファイバの検出端に1 x M光学スイッチを使用している。所望の波長と入射状態、つまりスポットサイズ及び開口数、とを有する光源は、N x 1スイッチのN個のポートに各々接続されてい

る。検出器は $M \times 1$ スイッチの M 個のポートに各々接続されている。その結果、ファイバは2つのスイッチ間を接続し、そのまま全ての所望の測定を実施することが可能である。

【0009】

入射端スイッチは、光源の入射状態、つまりモードパワー分布、を維持するよう選択されている。検出端スイッチは、被試験ファイバから放出されるモードパワー分布を維持するよう選択されている。特定の測定に対して、基準ファイバがまずスイッチ間に接続され、例えば入射パワーの基準線及び入射パルス幅を確定する。次にバンド幅測定において、被試験ファイバを通過したパルスのパルス幅が、基準パルス幅と比較される。同様の比較が減衰測定においても実施されるが、本測定においては被試験ファイバから放出されるパワーを入射パワーと比較することは除外している。

【0010】

本発明の実施例において、入射光のスポットサイズ又は開口数は、1つの光源と他の光源との間で変動する。更に光源が場合によっては、単一モードレーザである。好ましい実施例において、単一モードレーザ光源は、略 $8\mu\text{m}$ から $30\mu\text{m}$ の範囲のスポットサイズを有している。

他の実施例において、入射光のスポットサイズ又は開口数のいずれをも制限することが可能であり、その結果多モードファイバの全モードの一部がパワーを伝搬し、励起される。

【0011】

測定装置の更なる実施例は、 1×2 カプラを経由してスイッチと接続されたOTDRを含んでいる。その結果、微量の反射されたパワーはファイバ端の各々に入射された光とすることが可能である。OTDR接続の詳細は、以下の図1の説明中に記載する。

本発明の更なる特徴と利点は、以下の発明の実施の形態の欄にて記載し、且つその大部分は詳細な説明の欄の記載から当業者に容易に理解されるか、又は添付図面のみならず特許請求の範囲の欄と発明の実施の形態の欄とを含めた記載から発明を実施することによって理解されるであろう。

【0012】

前述の概略的な記載と以下の実施の形態の詳細な説明は、発明の単なる例示に過ぎず、特許請求の範囲に記載された発明の本質と特性とを理解するための概観又は構成を提供するために企図されたことは理解できるであろう。添付図面は、発明の更なる理解を提供するよう含まれていて、且つ本明細書に援用され一部分を構成している。図面は、本発明の実施例を図示し、説明の記載と協同して本発明の原理と操作の説明を提供している。

【0013】

【好適な実施例の詳細な説明】

参照資料は、本発明の好適な実施例を詳細にする。その例は、添付図面中に記載されている。

本発明の測定装置の好ましい実施例は、図1中に図示されており、且つ参照番号10により概して全体を指定している。

【0014】

【発明の実施の形態】

本発明によると、本発明の導波路ファイバの測定装置は、被試験ファイバにパワーを入射するN x 1スイッチ2を含んでいる。本発明の実施例及び図1に示した如き、光源4の各々は、1 x 2コネクタ12を介してN x 1スイッチのN個の入力ポートに光学的に接続されている。OTDR6の場合、第2光接続は、スイッチ12を介して1 x Mスイッチ8の出力端に実施されている。この配列は、被試験ファイバの各々の端からOTDRトレースを得るための1つのポートを許容している。更にスイッチ2のN個の入力ポートにおいて示されているのは、1又はそれ以上の波長における被試験ファイバの差分モード分散(DMD)の測定用光源14である。

【0015】

ファイバは、スプライス18の手段により測定装置10に光学的に接続され得る。これらは、融着スプライス又は公知である複数の機械的スプライスとされ得る。可変減衰器20は、入射された光のパワーが検出器22に対して非常に強い場合に使用するよう光路中に配置され得る。検出器の酷使は、前述の基準光信号

を取得する際に最も発生し易い。スイッチ24は、使用中の検出器からデータ蓄積及び分析手段26へと光パワーを送るよう配置されている。一般に分析及び蓄積手段は、オシロスコープ及びアナログーデジタルインターフェースを有するコンピュータを含んでいる。バンド幅及び減衰を計算するよう使用される計算プログラムを含むこれら分析手段は、公知であり（前述のFOTPの記載を参照）、故にここではこれ以上記載しないことにする。

【0016】

図1の装置に使用された入射状態又はモードパワー分布の例は、以下の如きである。スポットサイズが略 $9.3\mu\text{m}$ であり且つ開口数（NA）が略0.14の厳格に制限された入射状態は、スイッチ2の1つの入力ポートにおいて標準ステップインデックス型単一モードファイバを光ファイバピグテイル28として使用することにより達成され得る。複数の制限された入射は、被試験多モードファイバと共に標準単一モードファイバを使用し且つ多モードファイバのコアに対して単一モードファイバコアをオフセットすることによって達成され得る。

【0017】

適度に制限された入射状態は、マンドレル（心棒）に巻きつけた $50\mu\text{m}$ のコアの多モードファイバをピグテイル28として使用することで達成されることが可能である。 5mm の直径のマンドレルの周りに該ファイバを5回転させることは、 $30\mu\text{m}$ のスポットサイズ（直径）と0.13の開口数とを提供した。

オーバーフィールド入射は、コア直径が略 $100\mu\text{m}$ より大きく且つ開口数が略0.30より大きいステップインデックス型多モードファイバをピグテイル28として使用することで達成された。

【0018】

【実施例】

図1に記載された装置を用いて測定を実施した。スイッチ2は、JDS製のDP8Tスイッチであって、PN:SC1618-D2SP SN:B6B0366であった。試験は、各々JDS製スイッチである、PN:SW12-Z000311 SN:JC034991の1x2スイッチと、PN:SB0108-Z000329 SN:GB029604の1x8スイッチとを、スイッチ2とし

て使用し、繰り返し実施された。可変減衰器20はJDS製であって、PN:HA9-Z046 SN:KC000660であった。4つの異なる入射状態は、コアが62.5 μm で、外側直径が125 μm ファイバのバンド幅測定に使用された。この4つの状態は、前述の如きであって、

- ・TIA/EIA FOTPにより定義された標準オーバーフィールドと、
- ・5mmの直径のマンドレルの周りに50 μm コアファイバを5回転させて達成された30 μm のスポットを提供する適度に制限された入射状態と、
- ・62.5 μm のコアファイバに対して4 μm だけ標準ステップインデックス型単一モードファイバのコアをオフセットすることにより発生した制限された入射状態と、
- ・標準ステップインデックス型単一モードファイバの使用によって発生した厳格に制限された入射状態と、

である。

【0019】

試験の結果を表1に記載する。バンド幅測定のパーセント差は、各入射状態と各スイッチ種類に対して与えられた標準台を作成して測定された。可変減衰器によって発生したバンド幅測定のパーセント差は、表1中の最後の列に与えられている。パーセント差は、バンド幅850nm/バンド幅1300nm (BW850nm/BW1300nm)として記載されている。1300nm波長における測定は、単一モードファイバ(SMF)入射を使用してはされなかった。

【0020】

【表1】

入射	オーバーフィールド	30 μm	4 μm オフセット	SMF
DP8T	1%/5%	-19%/-8%	-11%/-6%	-20%/-
1x2	1%/1%	-23%/-6%	-6%/-3%	-21%/-
1x8	4%/2%	-48%/-15%	-31%/-15%	-33%/-
可変減衰器	1%/5%	0%/1%	-1%/0%	1%/-

本システムの終端側にある減衰器の影響は、非常に小さく示され、全ての条件において5%より小である。多くのスイッチは低いパーセント差を示し、特にオーバーフィールド入射の場合においては低い。

要約すると、本発明は、複数波長において且つ複数入射状態を伴う光源をファイバ光スイッチを介して接続する方法を提供し、故に屋外で大なる光コンポーネントを必要とすることを除去する。本発明は、各状態を全て組合わせることで完全な測定を行う試験装置に試験対象のファイバが1回の接続で実施されることにより、多モードファイババンド幅を測定する手段を提供する。

【0021】

本発明は、更に複数の光学測定を接続する手段をファイバ光スイッチ技術を使用して提供する。つまり、試験装置に1回接続することで複数の測定が実施可能である。例えば光時間領域散乱（OTDR）又は差分モード遅延（DMD）の測定は、スイッチの追加ポートにこれらを接続することによりバンド幅と減衰とを同時に行うことが可能になる。

【0022】

この設計は、光学台を除去してコンポーネントに単一の電気的装置架を使用する。1回の接続は、屋外の光学構成部分を必要とすることなく様々な波長と様々な測定と様々な入射状態とを切換える手段を提供する。これは更に、屋外光学光路において損失するパワーを削除することによって、測定のダイナミックレンジも大きく押し上げている。ダイナミックレンジは、減衰の大きさとして公知であり、測定の実施が許容される信号－雑音比を維持する間は測定経路に置換することが可能である。

【0023】

測定システムのダイナミックレンジは、つまり測定され得るファイバ長に直接変換される。

本発明の精神と範囲とを外れることなく本発明に対して様々な変更と変形がなされることが可能であることは当業者にとって明白である。つまり、本発明は、特許請求の範囲とそれらと同等の範囲内において提供された本発明の変更及び変形を含むことを企図している。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の導波路ファイバ測定装置の実施例の概略図である。

【符号の説明】

2、8 光スイッチ

4 光源

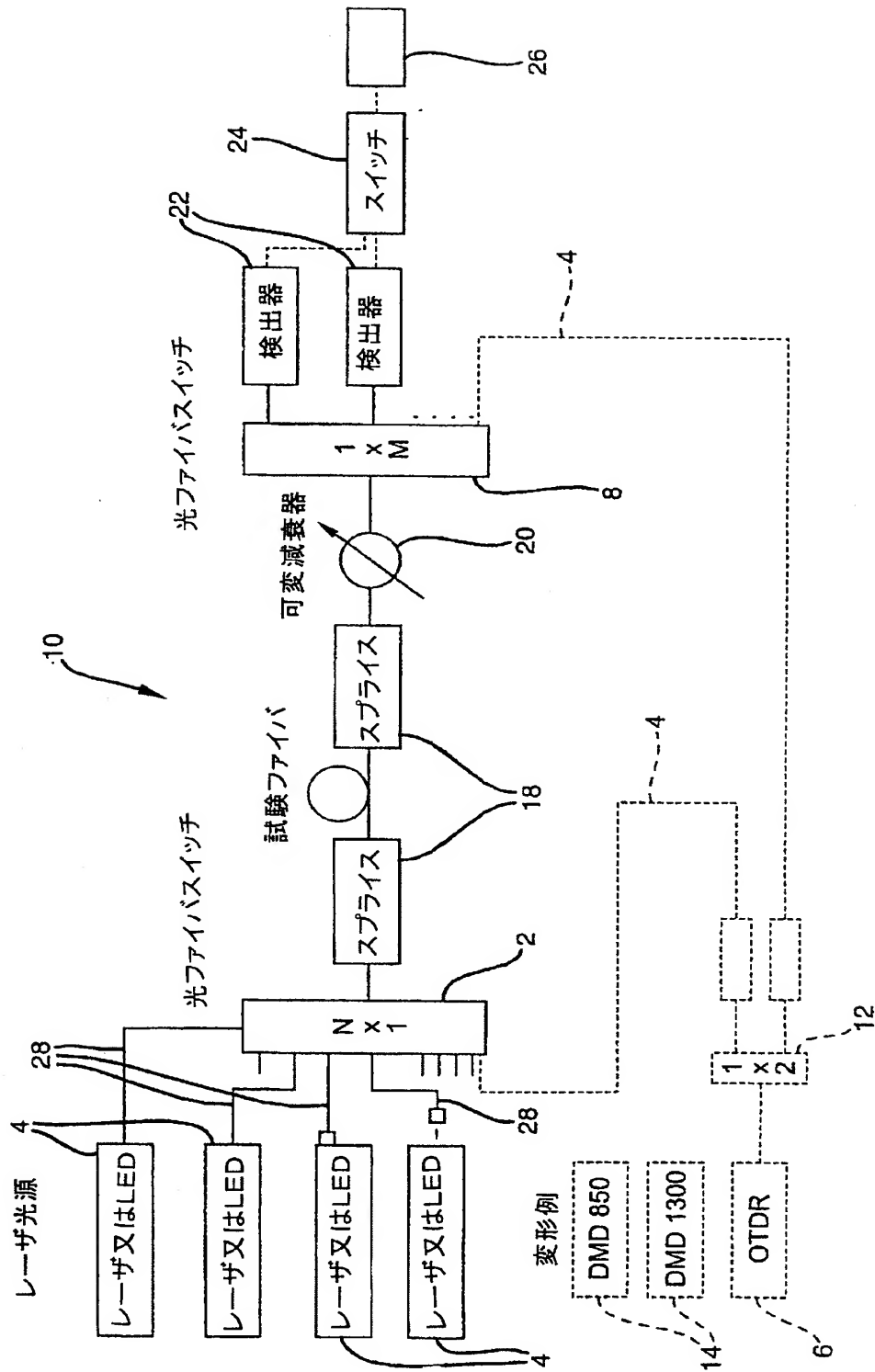
18 スプライス

20 可変減衰器

22 検出器

26 データ蓄積及び分析手段

【図1】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In. .national Application No
PCT/US 00/07900

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01M11/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) WPI Data, EPO-Internal, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 304 489 A (WAKABAYASHI HIROHARU ET AL) 8 December 1981 (1981-12-08) column 3 -column 5	1
Y	WO 98 14766 A (BLOOM CARY) 9 April 1998 (1998-04-09)	1
A	claims 1-36	2-11
A	US 5 319 482 A (NATSUI SATOYUKI ET AL) 7 June 1994 (1994-06-07) column 5 -column 8	1-11
A	EP 0 782 290 A (CANON KK) 2 July 1997 (1997-07-02) column 2 -column 5	1-11
	-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 July 2000		Date of mailing of the international search report 20/07/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL- 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Dietrich, A

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 00/07900

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 855 587 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 29 July 1998 (1998-07-29) claims 1-14	1-11
A	EP 0 690 298 A (CORNING INC) 3 January 1996 (1996-01-03) page 3 -page 4	1,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 096 (P-120), 4 June 1982 (1982-06-04) & JP 57 030925 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP ;OTHERS: 01), 19 February 1982 (1982-02-19) abstract	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 375 (P-644), 8 December 1987 (1987-12-08) & JP 62 145133 A (FUJITSU LTD), 29 June 1987 (1987-06-29) abstract	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 06, 30 June 1997 (1997-06-30) & JP 09 033391 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD), 7 February 1997 (1997-02-07) abstract	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 00/07900

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4304489 A	08-12-1981	JP 55152433 A GB 2053461 A,B	27-11-1980 04-02-1981
WO 9814766 A	09-04-1998	US 5764348 A AU 4735597 A EP 0929799 A AU 3725197 A AU 3725297 A AU 4415397 A AU 4917197 A AU 4917797 A EP 0944849 A EP 0928432 A WO 9802768 A WO 9802766 A WO 9813711 A WO 9826314 A WO 9826317 A US 5971629 A US 6000858 A US 5917975 A US 6003341 A	09-06-1998 24-04-1998 21-07-1999 09-02-1998 09-02-1998 17-04-1998 03-07-1998 03-07-1998 29-09-1999 14-07-1999 22-01-1998 22-01-1998 02-04-1998 18-06-1998 18-06-1998 26-10-1999 14-12-1999 29-06-1999 21-12-1999
US 5319482 A	07-06-1994	JP 2804633 B JP 4257099 A DE 69225416 D DE 69225416 T EP 0499529 A	30-09-1998 11-09-1992 18-06-1998 03-12-1998 19-08-1992
EP 0782290 A	02-07-1997	JP 2839103 B JP 3214830 A JP 2981489 B JP 3214938 A DE 69127215 D DE 69127215 T EP 0438153 A US 5202782 A	16-12-1998 20-09-1991 22-11-1999 20-09-1991 18-09-1997 26-02-1998 24-07-1991 13-04-1993
EP 0855587 A	29-07-1998	JP 2924881 B JP 10267791 A CA 2227937 A	26-07-1999 09-10-1998 27-07-1998
EP 0690298 A	03-01-1996	US 5534994 A AU 697017 B AU 2179795 A CA 2148534 A JP 8015092 A	09-07-1996 24-09-1998 11-01-1996 30-12-1995 19-01-1996
JP 57030925 A	19-02-1982	JP 1022894 B JP 1539666 C	28-04-1989 16-01-1990
JP 62145133 A	29-06-1987	NONE	
JP 09033391 A	07-02-1997	NONE	

フロントページの続き

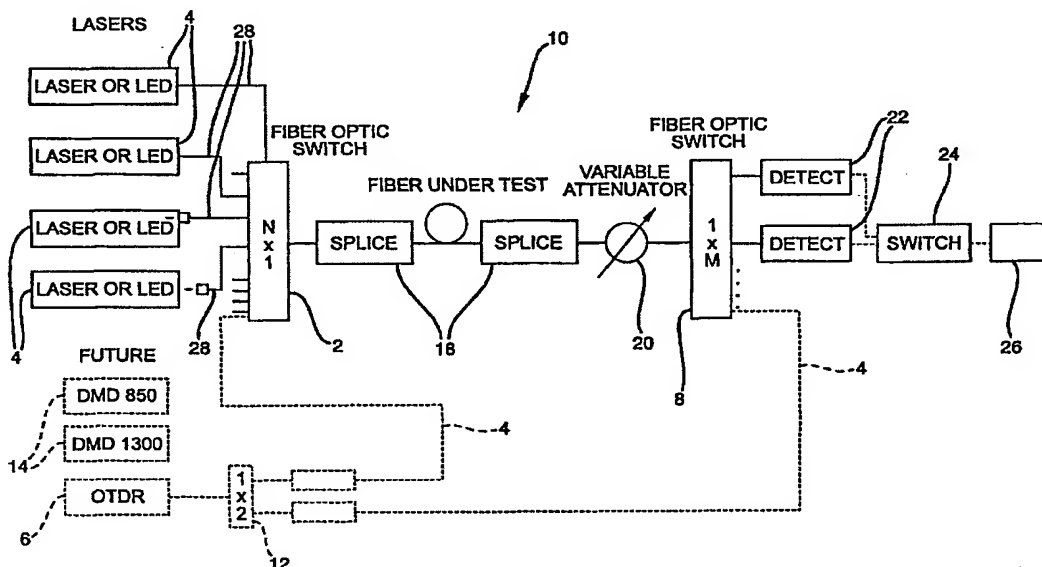
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY,
DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I
T, LU, MC, NL, PT, SE), AE, AL, A
M, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY
, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, H
U, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP
, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU,
LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, N
Z, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI
, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG,
UZ, VN, YU, ZA, ZW



INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification ⁷ : G01M 11/00	A1	(11) International Publication Number: WO 00/62033 (43) International Publication Date: 19 October 2000 (19.10.00)
(21) International Application Number: PCT/US00/07900 (22) International Filing Date: 23 March 2000 (23.03.00) (30) Priority Data: 60/128,504 9 April 1999 (09.04.99) US 60/129,706 16 April 1999 (16.04.99) US (71) Applicant: CORNING INCORPORATED [US/US]; 1 Riverfront Plaza, Corning, NY 14831 (US). (72) Inventor: HACKERT, Michael, J. (74) Agent: CHERVENAK, William, J.; Corning Incorporated, Patent Department, SP TI 3-1, Corning, NY 14831 (US).		(81) Designated States: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW, European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Published <i>With international search report.</i>

(54) Title: APPARATUS FOR MEASURING THE PROPERTIES OF AN OPTICAL FIBER



(57) Abstract

Disclosed is an apparatus for measuring the properties of an optical waveguide fiber. The apparatus is free of apertures, lenses, and mirrors usually required in the measurement of certain waveguide fiber properties. The apparatus employs an optical switch at the launch end of the optical fiber to be tested and another optical switch at the output end of the optical fiber to be tested. The switches preserve the mode power distribution, particularly the spot size, of light passing therethrough. The apparatus may be used to measure bandwidth or attenuation of a multimode waveguide fiber, both of which are affected by launched and detected mode power distribution.

FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece	ML	Mali	TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	MN	Mongolia	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MR	Mauritania	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MX	Mexico	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	NE	Niger	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NL	Netherlands	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norway	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NZ	New Zealand	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	PL	Poland		
CM	Cameroon	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kazakhstan	RO	Romania		
CU	Cuba	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
CZ	Czech Republic	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Germany	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
DK	Denmark	LR	Liberia	SG	Singapore		
EE	Estonia						

APPARATUS FOR MEASURING THE PROPERTIES OF AN OPTICAL FIBER**Waveguide Fiber Measurement Apparatus**
Cross-Reference to Related Applications

5 This application claims the benefit of U.S. Provisional Application No. 60/128,504, filed April 9, 1999 and U.S. Provisional Application No. 60/129,706, filed April 16, 1999.

Background of the Invention**1. Field of the Invention**

10 The present invention relates generally to an apparatus for measuring optical properties of waveguide fiber, and particularly to an apparatus that employs optical switching of light sources or detectors.

2. Technical Background

15 Waveguide fiber optical measurements have always been a costly part of the manufacturing process. This is particularly true of multimode fiber measurements that include bandwidth, attenuation, numerical aperture, core diameter, and differential mode delay. Traditional optical measurement systems have used optics benches and bulk optic components consisting of lenses and
20 movable mirrors to fold optical paths and to combine signals for the various measurements. One connection to the test fiber is established using an XYZ translation stage in front of a final lens before the detector. Translation stages are known to be temperature sensitive and subject to backlash in their movable

parts. The connection at the light launch end of the fiber is made to a source of light appropriate for the desired measurement.

5 Because certain of the multimode fiber optical properties, viz., bandwidth and attenuation, are launch sensitive, typically, measurements using more than one launch condition are desired. In addition, measurements at more than one wavelength are usually desired so that the launch end connection may have to be made numerous times.

10 Thus, these measurement benches are notoriously slow, difficult to align and maintain in alignment, and large in size in that they have a surface area on the order of a square meter. To maintain reliability, such a bench must be periodically calibrated against a standard bench using standardized fiber. Time consuming and costly repeat measurements are often required.

15 At the present time, standard optical specifications for multimode fiber performance criteria include measurements made using a launch condition having a spot size and numerical aperture which excites all of the modes of the multimode waveguide fiber. This launch condition is called the overfilled condition and is defined in the industry standards Fiber Optic Test Procedure (FOTP) 54. Attenuation measurements are made using a limited or restricted launch, referred to as Limited Phase Space Launch (LPS) and defined in FOTP
20 50. The LPS launch is similar to the 30 um spot size launch described below.

More recently, a demand for multimode fiber optimized for laser sources has increased the number of different launch conditions for bandwidth measurements. This in turn increases the number of connections at the measurement bench that compounds the problems with such benches.

25 Thus there is a need for a fiber optic measurement apparatus that provides ease of connection and alignment of the components of the apparatus and of the fiber to be tested. Switching the launch end of the waveguide fiber among sources having different wavelengths or launch conditions should be fast and reliable.

30 The present invention meets this need for less costly, faster, and more repeatable waveguide fiber measurements.

Summary of the Invention

One aspect of the present invention is an apparatus for measuring optical waveguide fiber that makes use of an N X 1 optical switch at the launch end of the fiber under test and a 1 X M optical switch at the detector end of the fiber under test. The light sources having the desired wavelengths and launch conditions, i.e., spot size and numerical aperture, are each connected to one of the N ports of the N X 1 switch. The detectors are each connected to one of the M ports of the M X1 switch. The result is, the fiber may be connected between the two switches and remain connected while all of the desired measurements are made.

The launch end switch is selected to preserve the launch conditions, i.e., the mode power distribution, of the sources. The detector end switch is selected to preserve the mode power distribution of the light exiting the fiber under test. For certain of the measurements, a reference fiber is first connected between the switches to establish, for example a baseline launch power or launch pulse width. Thus in the bandwidth measurement, the pulse width of a pulse passing through the fiber under test is compared to the reference pulse width. The same comparison is made for the attenuation measurements, except that in this measurement the power exiting the fiber under test is compared to the launched power.

In an embodiment of the invention, the spot size or numerical aperture of the launched light varies from one light to another source. Also certain of the sources are single mode lasers. In a preferred embodiment, the single mode laser sources have a spot size in the range of about 8 μm to 30 μm .

In another embodiment either the spot size or the numerical aperture of the launched light may be restricted so that not all modes of a multimode fiber carry power, that is, are excited.

A further embodiment of the measurement apparatus includes an OTDR coupled to the switches via a 1 X 2 coupler so that a trace of reflected power can be made of light launched into each end of the fiber. The details of the OTDR connection are set forth below in the description of Fig. 1.

Additional features and advantages of the invention will be set forth in the detailed description which follows, and in part will be readily apparent to those skilled in the art from that description or recognized by practicing the invention as described herein, including the detailed description which follows, the claims, as well as the appended drawing.

It is to be understood that both the foregoing general description and the following detailed description are merely exemplary of the invention, and are intended to provide an overview or framework for understanding the nature and character of the invention as it is claimed. The accompanying drawing is included to provide a further understanding of the invention, and is incorporated in and constitute a part of this specification. The drawing illustrate an embodiment of the invention, and together with the description serve to explain the principles and operation of the invention.

Brief Description of the Drawings

Figure 1 is a schematic of an embodiment of the invented waveguide fiber measurement apparatus.

Detailed Description of the Preferred embodiments

Reference will now be made in detail to the present preferred embodiments of the invention, an example of which is illustrated in the accompanying drawing.

An exemplary embodiment of the measurement apparatus of the present invention is shown in Figure 1, and is designated generally throughout by reference numeral 10.

Description

In accordance with the invention, the present invention for an apparatus to measure waveguide fiber includes an N X 1 switch 2 for launching power into the fiber under test. As embodied herein, and depicted in Figure 1, each of light sources 4 are optically coupled through 1 X 2 connector 12 to one of the N input ports of the N X 1 switch. In the case of the OTDR, 6, a second optical

connection is made through switch 12 to the output end of the 1 X M switch, 8. This arrangement allows one to obtain an OTDR trace from each end of the fiber under test. Also shown at the N input ports of switch 2 are sources 14 for measurement of differential mode dispersion (DMD) of the fiber under test at one or more wavelengths.

The fiber may be optically connected into the measurement apparatus 10 by means of splices 18. These may be fusion splices or any one of the many mechanical splices known in the art. Variable attenuator 20 may be placed in the circuit for use in cases where the launched light power is too high for the detectors 22. Overdriving the detectors is most likely to occur when acquiring the reference light signal mentioned above. Switch 24 is positioned to send light power from the detector in use to data storage and analysis means 26. Typically the analysis and storage means include an oscilloscope and a computer having an analogue to digital interface. These analysis means, including the computer programs used to compute bandwidth and attenuation are known in the art (see FOTP's referenced above) and thus will not be discussed further here.

Examples of the launch conditions or mode power distributions used in the apparatus of Fig. 1 are as follows. A very restricted launch condition of spot size about $9.3\ \mu\text{m}$ and numerical aperture (NA) about 0.14 may be achieved using a standard step index single-mode fiber as optical fiber pigtail 28 at one input port of switch 2. A plurality of restricted launches may then be achieved by using the standard single mode fiber in conjunction with a multimode fiber under test and offsetting the single mode fiber core relative to the multimode fiber core.

Moderately restricted launch conditions can be achieved using as pigtail 28 a $50\ \mu\text{m}$ core multimode fiber wrapped about a mandrel. Five turns of such fiber wrapped around a 5 mm diameter mandrel provided a spot size (diameter) of $30\ \mu\text{m}$ and a numerical aperture of 0.13.

An over filled launch was achieved using as pigtail 28 a step index multimode fiber having a core diameter greater than about $100\ \mu\text{m}$ and a numerical aperture greater than about 0.30.

Example

Measurements using the apparatus as embodied in Fig. 1 were carried out. Switch 2 was a JDS, DP8T switch PN: SC1618-D2SP SN: B6B0366. Testing was repeated using as switch 2 the respective JDS switches, 1x2 switch PN: SW12-Z000311 SN: JC034991, and 1x8 switch PN: SB0108-Z000329 SN: GB029604. Variable attenuator 20 was a JDS, PN: HA9-Z046 SN: KC000660. Four different launch conditions were used to measure bandwidth of a 62.5 micron core, 125 μm outside diameter fiber. These were as described above:

- a standard overfilled defined by TIA/EIA FOTP ;
 - a moderately restricted launch condition providing a 30 μm spot, achieved using 5 turns of 50 μm core fiber around a 5 mm diameter mandrel;
 - a restricted launch condition generated by offsetting the core of a standard step index single-mode fiber by 4 μm relative to a 62.5 μm core fiber;
- and,
- an very restricted launch created by using a standard step index single-mode fiber.

Results of the test are set forth in Table 1. The percent difference of the bandwidth measurement from that made on a reference bench are given for each launch condition and each switch type. The percent difference in bandwidth measurement caused by the variable attenuator is given in the last row of Table 1. The percent differences are presented as BW850 nm/BW1300 nm. Measurements at 1300 nm wavelength were not made using the single mode fiber (SMF) launch.

Table 1

Launch	Overfilled	30 μm	4 μm offset	SMF
DP8T 1%/5%	-19%/-8%	-11%/-6%	-20%/-	
1X2	1%/1%	-23%/-6%	-6%/-3%	-21%/-
1x8	4%/2%	-48%/-15%	-31%/-15%	-33%/-
Variable Attenuator	1%/5%	0%/1%	-1%/0%	1%/-

The impact of the attenuator at the end of the system was shown to be quite small, less than 5% in all cases. Most switches show a low percent difference, especially in the case of the overfilled launch.

In summary, the invention provides a way of combining sources at multiple wavelengths and with multiple launch conditions through a fiber optic switch, thus eliminating the need for open air, bulk optical components. This provides the means for making a multimode fiber bandwidth measurement whereby a test fiber must undergo one connection to the test apparatus for a complete measurement under all permutations of these conditions.

The invention also provides a means of combining multiple optical measurements using fiber optic switch technology. Thus, through one connection to the test apparatus, multiple measurements can be performed. For example, an optical time domain reflectometer (OTDR) or differential mode delay (DMD) measurement can be combined with bandwidth and attenuation by connecting them to additional ports of the switches.

This design eliminates the optical bench and utilizes a single electronic equipment rack for the components. One connection then provides means to switch in the various launch conditions, various wavelengths and various measurements without the need for open air optics. There is also a significant boost in dynamic range of the measurement by elimination of the power that is lost in an open air optical circuit. The dynamic range is known in the art to be the amount of attenuation which can be placed in a measurement path while retaining a signal to noise ratio that allows a measurement to be made.

Dynamic range of a measurement system thus translates directly into the length of fiber which can be measured.

It will be apparent to those skilled in the art that various modifications and variations can be made to the present invention without departing from the spirit and scope of the invention. Thus, it is intended that the present invention cover the modifications and variations of this invention provided they come within the scope of the appended claims and their equivalents.

What is claimed is:

1. An apparatus for measuring optical properties of waveguide fiber comprising:
 - 5 a first optical switch having N input ports and at least one output port;
 - a plurality of lasers or light emitting diode light sources, each member of the plurality being optically coupled to one of said N input ports;
 - a second optical switch having at least one input port and M output ports;
 - 10 a plurality of light detectors, each said detector optically coupled to one of the M output ports of said second optical switch; and,
 - light measuring means optically coupled to receive light from any one of said light detectors, a reference optical fiber length or an optical fiber length to be tested being optically coupled between the at least one output port of said
 - 15 first switch and the at least one input port of said second switch; wherein,
 - said first and second switches serve to maintain the mode power distribution of light passing therethrough.
2. The apparatus of claim 1 wherein a multimode fiber is measured and the
20 spot size and numerical aperture of the mode power distribution launched into the multimode fiber is sufficient to launch power into all of the allowed modes of the multimode fiber.
3. The apparatus of claim 1 wherein a multimode fiber is measured and the
25 spot size or numerical aperture of the mode power distribution is restricted such that some allowed modes of the multimode do not carry power.
4. The apparatus of claim 3 wherein a pre-selected number of said lasers are
30 single mode lasers which provide light having a spot size in the range of about 8 μm to 30 μm .

5. The apparatus of claim 1 further including a variable attenuator optically coupled into a light path beginning at one of said light sources and ending at one of said light detectors.

5 6. The apparatus of claim 1 wherein said light measuring means is configured to measure bandwidth of a multimode fiber to be tested.

7. The apparatus of claim 1 wherein said light measuring means is configured to measure attenuation of a multimode fiber to be tested.

10

8. The apparatus of claim 1 further including a third switch having at least one input port and at least two output ports; and,
an OTDR optically coupled to the at least one input port of said third switch;
wherein,

15

one of the at least two output ports of said third switch is optically coupled to an input port of said first switch and one of the at least two output ports of said third switch is optically coupled to an output port of said second switch.

20

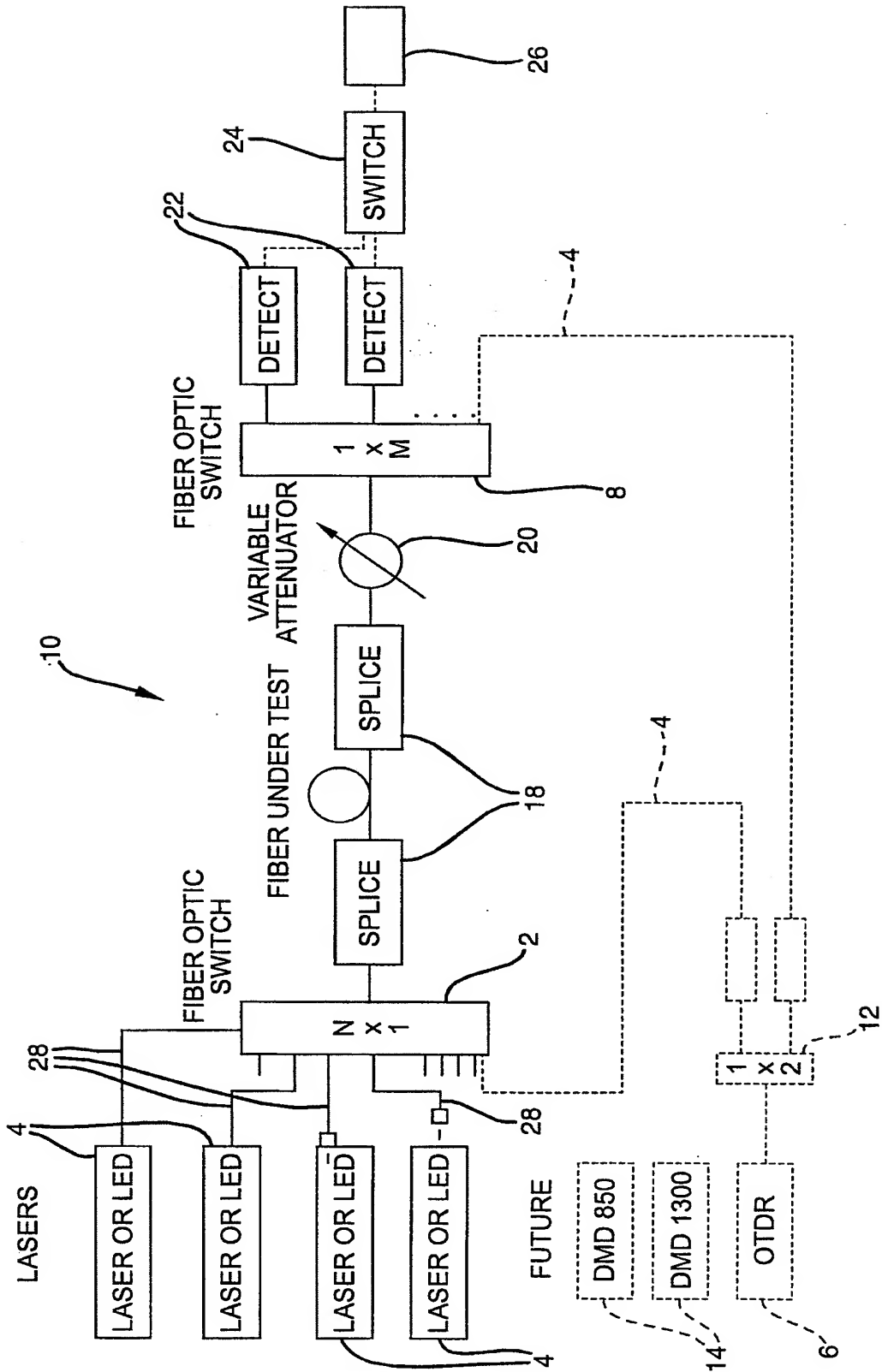
9. The apparatus of claim 1 wherein either of said first or second switches is a modular unit.

10. The apparatus of claim 1 further including means to automatically switch between any two of the N input ports of said first coupler.

25

11. The apparatus of either one of claims 1 or 10 furthering including means to automatically switch between any two of the M output ports of said second switch.

FIG. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/US 00/07900

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01M11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 304 489 A (WAKABAYASHI HIROHARU ET AL) 8 December 1981 (1981-12-08) column 3 -column 5 ----	1
Y	WO 98 14766 A (BLOOM CARY) 9 April 1998 (1998-04-09) claims 1-36 ----	1
A	-----	2-11
A	US 5 319 482 A (MATSUI SATOYUKI ET AL) 7 June 1994 (1994-06-07) column 5 -column 8 ----	1-11
A	EP 0 782 290 A (CANON KK) 2 July 1997 (1997-07-02) column 2 -column 5 ----- -/-	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 July 2000

Date of mailing of the international search report

20/07/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Dietrich, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US 00/07900

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 855 587 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 29 July 1998 (1998-07-29) claims 1-14 ---	1-11
A	EP 0 690 298 A (CORNING INC) 3 January 1996 (1996-01-03) page 3 -page 4 ---	1,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 096 (P-120), 4 June 1982 (1982-06-04) & JP 57 030925 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP ;OTHERS: 01), 19 February 1982 (1982-02-19) abstract ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 375 (P-644), 8 December 1987 (1987-12-08) & JP 62 145133 A (FUJITSU LTD), 29 June 1987 (1987-06-29) abstract ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 06, 30 June 1997 (1997-06-30) & JP 09 033391 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD), 7 February 1997 (1997-02-07) abstract -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 00/07900

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4304489 A	08-12-1981	JP 55152433 A	27-11-1980
		GB 2053461 A,B	04-02-1981
WO 9814766 A	09-04-1998	US 5764348 A	09-06-1998
		AU 4735597 A	24-04-1998
		EP 0929799 A	21-07-1999
		AU 3725197 A	09-02-1998
		AU 3725297 A	09-02-1998
		AU 4415397 A	17-04-1998
		AU 4917197 A	03-07-1998
		AU 4917797 A	03-07-1998
		EP 0944849 A	29-09-1999
		EP 0928432 A	14-07-1999
		WO 9802768 A	22-01-1998
		WO 9802766 A	22-01-1998
		WO 9813711 A	02-04-1998
		WO 9826314 A	18-06-1998
		WO 9826317 A	18-06-1998
		US 5971629 A	26-10-1999
		US 6000858 A	14-12-1999
		US 5917975 A	29-06-1999
		US 6003341 A	21-12-1999
US 5319482 A	07-06-1994	JP 2804633 B	30-09-1998
		JP 4257099 A	11-09-1992
		DE 69225416 D	18-06-1998
		DE 69225416 T	03-12-1998
		EP 0499529 A	19-08-1992
EP 0782290 A	02-07-1997	JP 2839103 B	16-12-1998
		JP 3214830 A	20-09-1991
		JP 2981489 B	22-11-1999
		JP 3214938 A	20-09-1991
		DE 69127215 D	18-09-1997
		DE 69127215 T	26-02-1998
		EP 0438153 A	24-07-1991
		US 5202782 A	13-04-1993
EP 0855587 A	29-07-1998	JP 2924881 B	26-07-1999
		JP 10267791 A	09-10-1998
		CA 2227937 A	27-07-1998
EP 0690298 A	03-01-1996	US 5534994 A	09-07-1996
		AU 697017 B	24-09-1998
		AU 2179795 A	11-01-1996
		CA 2148534 A	30-12-1995
		JP 8015092 A	19-01-1996
JP 57030925 A	19-02-1982	JP 1022894 B	28-04-1989
		JP 1539666 C	16-01-1990
JP 62145133 A	29-06-1987	NONE	
JP 09033391 A	07-02-1997	NONE	